

明細書

内燃機関の制御装置および制御方法

5 技術分野

本発明は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置および制御方法に関する。

背景技術

- 10 従来から、特許文献 1 は、各気筒に設けられた筒内圧センサと、各筒内圧センサからの圧力信号に基づいて各気筒につき単位クランク角ごとに燃焼行程中の熱発生量を算出する演算手段とを備えた内燃機関の制御装置を開示している。この内燃機関の制御装置では、演算手段の演算結果に基づいて各気筒における熱発生量が同一レベルになるように各気筒への燃料供給量（各気筒における空燃比）が補正され
- 15 る。また、特許文献 2 および特許文献 3 は、筒内圧検出手段によりサンプリングされる筒内圧の微小クランク角間における変化量を熱発生率として求め、求めた熱発生率に基づいて高負荷運転時における燃料供給量や、吸気系統への排気還流量を補正する内燃機関の制御装置を開示している。更に、特許文献 4 は、筒内圧を積算して算出した上死点後圧力積算値から上死点前圧力積算値を差し引いた値を用いて、
- 20 点火時期、空燃比、排気還流量および燃料噴射時期を制御する手法を開示している。

上述のような従来の内燃機関の制御装置は、基本的に、筒内圧検出手段より検出された筒内圧を微小な単位クランク角ごとに積分または微分処理するものである。このため、従来の制御装置における演算負荷は多大なものとなっており、この点から、従来の制御装置を例えば車両用内燃機関等に適用するのは實際上困難となっていた。

【特許文献 1】 特開昭 63-268951 号公報

【特許文献 2】 特開平 4－8 1 5 3 4 号公報

【特許文献 3】 特開平 4－8 1 5 5 7 号公報

【特許文献 4】 特開 2 0 0 1－1 5 2 9 5 2 号公報

5 発明の開示

本発明は、高精度な機関制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および制御方法を提供する。

本発明による内燃機関の制御装置は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出する演算手段と、演算手段によって算出された制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定する制御手段とを備えることを特徴とする。

制御パラメータは、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であると好ましい。

演算手段は、所定の 2 点について制御パラメータを算出し、制御手段は、所定の 2 点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量を設定すると好ましい。

所定の 2 点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されると好ましい。

制御手段は、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差を求め、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すると好ましい。

制御手段は、所定条件下で、制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すると好ましい。

本発明による内燃機関の制御方法は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

- (a) 筒内圧力を検出するステップと、
(b) ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出するステップと、
(c) ステップ(b)で算出した制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定するステップとを含むものである。

制御パラメータは、ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であると好ましい。

- ステップ(b)では、所定の2点について制御パラメータを算出し、ステップ(c)では、所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量を設定すると好ましい。

所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されると好ましい。

- ステップ(c)は、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差を求めるステップと、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップとを含むと好ましい。

ステップ(c)は、所定条件下で、制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップを含んでいてもよい。

図面の簡単な説明

図1は、本発明において用いられる制御パラメータ PV^k と、燃焼室内における熱発生量との相関を示すグラフである。

- 図2は、燃焼室内における混合気の空燃比と、所定の2点間における熱発生量との相関を示すグラフである。

図3は、本発明による内燃機関の概略構成図である。

図4は、図3の内燃機関の動作を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

本発明者らは、演算負荷の低減化を図りつつ高精度な内燃機関の制御を可能にするために鋭意研究を重ねた。その結果、本発明者らは、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて算出される制御パラメータに着目するに至った。より詳細には、本発明者らは、クランク角が θ である際に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力を $P(\theta)$ とし、クランク角が θ である際の筒内容積を $V(\theta)$ とし、比熱比を κ とした場合に、筒内圧力 $P(\theta)$ と、筒内容積 $V(\theta)$ を比熱比（所定の指数） κ で累乗した値 $V^\kappa(\theta)$ との積として得られる制御パラメータ $P(\theta) \cdot V^\kappa(\theta)$ （以下、適宜「 PV^κ 」と記す）に着目した。そして、本発明者らは、クランク角に対する内燃機関の筒内における熱発生量 Q の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ PV^κ の変化パターンとは、図1に示されるような相関を有することを見出した。ただし、図1において、 -360° 、 0° および 360° は、上死点に、 -180° および 180° は、下死点に対応する。

図1において、実線は、所定のモデル気筒において所定の微小クランク角おきに検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の比熱比 κ で累乗した値との積である制御パラメータ PV^κ をプロットしたものである。また、図1において、破線は、上記モデル気筒における熱発生量 Q を次の(1)式に基づき、 $Q = \int dQ$ として算出・プロットしたものである。なお、何れの場合も、簡単のために、 $\kappa = 1.32$ とした。

【数1】

$$\frac{dQ}{d\theta} = \left\{ \frac{dP}{d\theta} \cdot V + \kappa \cdot P \cdot \frac{dV}{d\theta} \right\} \cdot \frac{1}{\kappa - 1} \quad \dots (1)$$

図1に示される結果からわかるように、クランク角に対する熱発生量 Q の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ PV^κ の変化パターンとは、概ね一致（相似）しており、特に、筒内の混合気の燃焼開始（ガソリンエンジンでは火花点火時、ディーゼルエンジンでは圧縮着火時）の前後（例えば、図1における約-

180° から約135° までの範囲) では、熱発生量 Q の変化パターンと、制御パラメータ $P V^*$ の変化パターンとは極めて良好に一致することがわかる。従って、本発明者らによって見出された筒内における熱発生量 Q と制御パラメータ $P V^*$ との相関を利用して、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて算出される制御パラメータ $P V^*$ に基づいて所定の制御量を設定すれば、高負荷な演算処理を要することなく、筒内における熱発生量 Q を反映させた高精度かつ応答性の良好な機関制御を簡易に実行することが可能となる。

10 このように、本発明による内燃機関の制御装置では、上述のような新規な知見に基づいて、筒内圧力を検出する筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積に基づいて算出される制御パラメータ、すなわち、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータ ($P V^*$) に基づいて所定の制御量が算出されるのである。なお、本発明において、「制御量の設定」には、混合気の空燃比等の制御量それ自体の算出と、混合気の空燃比等を補正するための制御量の設定 (算出) とが含まれる。

そして、好ましくは、所定の2点について制御パラメータが算出され、当該所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量が算出される。

20 上述のように、本発明者らが着目した制御パラメータ $P V^*$ は、内燃機関の筒内における熱発生量 Q を反映するものであり、所定の2点間 (例えば筒内における燃焼開始 (火花点火時または圧縮着火時) の前後2点) における制御パラメータ $P V^*$ の差分は、上記2点間における筒内での熱発生量 $\int dQ$ (dQ を例えば θ_1 から θ_2 [ただし、 $\theta_1 < \theta_2$] まで積分した値、以下同じ) を示し、極めて低負荷で算出し得るものである。従って、所定の2点間における制御パラメータの差分を利用すれば、演算負荷を大幅に低減させつつ、筒内における熱発生量に応じて所定の

25 制御量を精度よく設定することが可能となる。この場合、上記所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁

前に設定されると好ましい。

また、好ましくは、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差が求められ、求められた差分に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量が算出される。

- 5 本発明者らは、更に、筒内における熱発生量と、筒内における混合気の空燃比との関係にも着目した。すなわち、図2に示されるように、混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さい場合（リッチな場合）、上記所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ の変化（率）は、リーン領域に比べて微小である。これに対して、熱発生量 $\int dQ$ は、混合気の空燃比が理想空燃比を上回ってリーン領域に入ると、空燃比に概ね
10 比例しながら急激に減少するようになる。従って、内燃機関の運転中に、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ $P V^*$ の差分を求めると共に、制御パラメータ $P V^*$ の差分の前の算出値と今回の算出値との偏差を求め、当該偏差が所定値付近（所定範囲内）に保たれるように燃料供給量の補正值といった混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すれば、常に筒内における混合気の空
15 燃比を理想空燃比付近に精度よく保つことが可能となる。

更に、好ましくは、所定条件下で、上記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量が算出される。

- 図2からわかるように、筒内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きくなると（リーンになると）、所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ は、空燃比が増
20 加するにつれて、失火前の急変点（リーン限界）まで、空燃比に概ね比例して減少する。従って、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ $P V^*$ の差分を求めた上で、当該差分が予め定められた目標値と一致するように燃料供給量の補正值といった混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すれば、筒内における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きな（リーンな）所望の目標値付近に
25 精度よく保つことが可能となる。

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について具体的に説明する。

図3は、本発明による内燃機関を示す概略構成図である。同図に示される内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させることにより動力を発生するものである。内燃機関1は多気筒エンジンとして構成されると好ましく、本実施形態の内燃機関1は、例えば4気筒エンジンとして構成される。

各燃焼室3の吸気ポートは、吸気管（吸気マニホールド）5にそれぞれ接続され、各燃焼室3の排気ポートは、排気管6（排気マニホールド）にそれぞれ接続されている。また、内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気弁*V_i*および排気弁*V_e*が燃焼室3ごとに配設されている。各吸気弁*V_i*は、対応する吸気ポートを開閉し、各排気弁*V_e*は、対応する排気ポートを開閉する。各吸気弁*V_i*および各排気弁*V_e*は、例えば、可変バルブタイミング機能を有する動弁機構（図示省略）によって動作させられる。更に、内燃機関1は、気筒数に応じた数の点火プラグ7を有し、点火プラグ7は、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配設されている。

吸気管5は、図3に示されるように、サージタンク8に接続されている。サージタンク8には、給気ラインL1が接続されており、給気ラインL1は、エアクリーナ9を介して図示されない空気取入口に接続されている。そして、給気ラインL1の中途（サージタンク8とエアクリーナ9との間）には、スロットルバルブ（本実施形態では、電子制御式スロットルバルブ）10が組み込まれている。一方、排気管6には、図3に示されるように、三元触媒を含む前段触媒装置11aおよびNO_x吸蔵還元触媒を含む後段触媒装置11bが接続されている。

更に、内燃機関1は、複数のインジェクタ12を有し、各インジェクタ12は、図3に示されるように、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配置されている。また、内燃機関1の各ピストン4は、いわゆる深皿頂面型に構成されており、その上面に、凹部4aを有している。そして、内燃機関1では、各燃焼室3内に空気を吸入させた状態で、各インジェクタ12から各燃焼室3内のピストン4の凹部4aに向けてガソリン等の燃料が直接噴射される。これにより、内燃機関1

では、点火プラグ 7 の近傍に燃料と空気との混合気の層が周囲の空気層と分離された状態で形成（成層化）されるので、極めて希薄な混合気を用いて安定した成層燃焼を実行することが可能となる。なお、本実施形態の内燃機関 1 は、いわゆる直噴エンジンとして説明されるが、これに限られるものではなく、本発明が吸気管（吸気ポート）噴射式の内燃機関に適用され得ることはいうまでもない。

上述の各点火プラグ 7、スロットルバルブ 10、各インジェクタ 12 および動弁機構等は、内燃機関 1 の制御装置として機能する ECU 20 に電氣的に接続されている。ECU 20 は、何れも図示されない CPU、ROM、RAM、入出力ポート、および、記憶装置等を含むものである。ECU 20 には、図 3 に示されるように、内燃機関 1 のクランク角センサ 14 を始めとした各種センサが電氣的に接続されている。ECU 20 は、記憶装置に記憶されている各種マップ等を用いると共に各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ 7、スロットルバルブ 10、インジェクタ 12、動弁機構等を制御する。

また、内燃機関 1 は、半導体素子、圧電素子あるいは光ファイバ検出素子等を含む筒内圧センサ（筒内圧検出手段）15 を気筒数に応じた数だけ有している。各筒内圧センサ 15 は、対応する燃焼室 3 内に受圧面が臨むようにシリンダヘッドに配設されており、ECU 20 に電氣的に接続されている。各筒内圧センサ 15 は、対応する燃焼室 3 における筒内圧力を検出し、検出値を示す信号を ECU 20 に与える。

次に、図 4 を参照しながら、上述の内燃機関 1 の動作について説明する。

内燃機関 1 が始動された後、アイドル状態からアイドルオフ状態に移行すると、図 4 に示されるように、ECU 20 は、図示されないアクセル位置センサからの信号等に基づいて内燃機関 1 の目標トルクを定めると共に、予め用意されているマップ等を用いて目標トルクに応じた吸入空気量（スロットルバルブ 10 の開度）および各インジェクタ 12 からの燃料噴射量（燃料噴射時間）を設定する（S10）。更に、ECU 20 は、S12 にて、スロットルバルブ 10 の開度を S10 にて求めた開度に設定すると共に、各インジェクタ 12 から例えば吸気行程中に S10 にて

定めた量の燃料を噴射させる。

また、ECU 20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて内燃機関1のクランク角をモニタしている。そして、ECU 20は、燃焼室3ごとに、各吸気弁Viの開弁後であって、かつ、各点火プラグ7による点火前に設定された第1のタイミ
5 タイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）になると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、クランク角が θ_1 となる時の筒内圧力 $P(\theta_1)$ を求める。更に、ECU 20は、求めた筒内圧力 $P(\theta_1)$ と、筒内圧力 $P(\theta_1)$ の検出時、すなわち、クランク角が θ_1 となる時の筒内容積 $V(\theta_1)$ を比熱比 κ （本実施形態では、 $\kappa = 1.32$ ）で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V$
10 $\kappa(\theta_1)$ を燃焼室3ごとに算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S14）。

第1のタイミングは、各燃焼室3内において燃焼が開始される時点（点火時）よりも十分に前のタイミングに設定されると好ましい。本実施形態において、第1のタイミ
15 タイミングは、例えば、クランク角センサ14からの信号に示されるクランク角が -60° となるタイミング（ $\theta_1 = -60^\circ$ 、すなわち、上死点前 60° ）とされている。また、 $V^\kappa(\theta_1)$ の値（本実施形態では、 $V^\kappa(-60^\circ)$ の値）は、予め算出された上で記憶装置に記憶されている。

S14の処理の後、ECU 20は、燃焼室3ごとに、各点火プラグ7による点火後であって、各排気弁Veの開弁前に設定された第2のタイミング（クランク角が
20 θ_2 となるタイミング）になると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、クランク角が θ_2 となる時の筒内圧力 $P(\theta_2)$ を求める。更に、ECU 20は、求めた筒内圧力 $P(\theta_2)$ と、筒内圧力 $P(\theta_2)$ の検出時、すなわち、クランク角が θ_2 となる時の筒内容積 $V(\theta_2)$ を比熱比 κ （本実施形態では、 $\kappa = 1.32$ ）で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2)$ を燃焼室3ご
25 とに算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S16）。第2のタイミングは、燃焼室3内における混合気の燃焼が概ね完了したタイミングに設定されると好ましい。本実施形態では、第2のタイミングが、例えば、クランク角センサ14か

らの信号に示されるクランク角 θ が 90° となるタイミング($\theta_2 = 90^\circ$ 、すなわち、上死点后 90°)とされている。また、 $V^\kappa(\theta_2)$ の値(本実施形態では、 $V^\kappa(90^\circ)$ の値)は、予め算出された上で記憶装置に記憶されている。

上述のようにして、制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)$ および $P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2)$ を求めると、ECU20は、燃焼室3ごとに、第1および第2のタイミングの間における制御パラメータ $P V^\kappa$ の差分を、

$$\Delta P V^\kappa = P(\theta_2) \cdot V^\kappa(\theta_2) - P(\theta_1) \cdot V^\kappa(\theta_1)$$

として算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる(S18)。この差分 $\Delta P V^\kappa$ は、上述のように、第2のタイミングと第1のタイミングとの間(所定の2点間)における各燃焼室3での熱発生量 $\int dQ$ 、すなわち、第1のタイミングから第2のタイミングまでの間に燃焼室3で発生した熱量を示すものである。燃焼室3ごとに制御パラメータ $P V^\kappa$ の差分 $\Delta P V^\kappa$ を求めると、ECU20は、すべての燃焼室3について制御パラメータ $P V^\kappa$ の差分 $\Delta P V^\kappa$ の平均値 $Q_{est} (= Q_{est, new})$ を算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる(S20)。このように、全燃焼室3について差分 $\Delta P V^\kappa$ の平均をとることにより、その後の処理に対する燃焼室3間の燃焼バラツキによる影響を緩和させることができる。

上述のS14からS20までの処理により、第1のタイミングと第2タイミングとの間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ $P V^\kappa$ の差分 $\Delta P V^\kappa$ の平均値 Q_{est} が簡易かつ速やかに算出されることになる。これにより、筒内圧力を微小な単位クランク角ごとに積分処理して各燃焼室3における熱発生量を算出する場合と比較して、ECU20における演算負荷を大幅に低減させることができる。

S20における処理が完了すると、ECU20は、この段階で内燃機関1が何れの運転モードに従って運転されるべきかを判定する(S22)。本実施形態の内燃機関1は、各燃焼室3における燃料および空気の混合気の空燃比を理想空燃比(燃料:空気=1:14.7)に設定するストイキ運転モードと、各燃焼室3における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きい所望の目標空燃比に設定するリーン運

転モードの何れかのもとで運転され得る。そして、ECU20は、S22において、回転数、負荷、スロットル開度、アクセルペダルの踏込加速度等のパラメータに基づいて、ストイキ運転モードを実行すべきか否かを判定する。

S22において、ストイキ運転モードを実行すべきであると判断した場合、ECU20は、各燃焼室3における今回の点火に伴ってS20にて算出した制御パラメータ PV^k の差分 ΔPV^k の平均値 $Q_{est\ new}$ と、各燃焼室3における前回の点火に伴ってS20にて算出した制御パラメータ PV^k の差分 ΔPV^k の平均値 $Q_{est\ old}$ との偏差 ΔQ を、

$$\Delta Q = Q_{est\ new} - Q_{est\ old}$$

として算出する(S24)。

ここで、図2に関連して説明されたように、混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さい場合(リッチな場合)、所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ の変化(率)は、リーン領域に比べて微小である。これに対して、熱発生量 $\int dQ$ は、燃焼室3内の混合気の空燃比が理想空燃比を上回ってリーン領域に入ると、空燃比に概ね比例しながら急激に減少するようになる。従って、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ PV^k の差分の今回の算出値 $Q_{est\ new}$ と前回の算出値 $Q_{est\ old}$ との偏差 ΔQ (図2における熱発生量の傾き)が所定値付近(所定範囲内)に保たれるようにすれば、各燃焼室3において、所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ が1回の点火の前後でほぼ一定に保たれ、混合気の空燃比もほぼ一定に保たれることになる。

このため、ECU20は、S24にて偏差 ΔQ を求めると、偏差 ΔQ と所定の閾値 α (負の所定値)とを比較することにより、各燃焼室3内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きい(リーンである)か否かを判定する(S26)。そして、ECU20は、S26にて各燃焼室3における混合気がリーンになっている(偏差 ΔQ が閾値 α 以下である)と判断した場合、各インジェクタ12からの燃料噴射量を僅かに増加させるように燃料噴射量の補正值を設定する(S28)。これにより、ストイキ運転モードの実行中に各燃焼室3内における混合気の空燃比が理

想空燃比よりも大きくなっていたとしても、各燃焼室 3 における混合気をリッチ化させて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比に近づけることが可能となる。

また、ECU 20 は、S 26 にて各燃焼室 3 内における混合気がリーンになっていないと判断した場合には、各燃焼室 3 における混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さく（リッチに）なっているとみなし、必要に応じて各インジェクタ 12 から燃料噴射量を僅かに減少させるように燃料噴射量の補正值を設定する（S 30）。これにより、ストイキ運転モードの実行中に各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さくなっていたとしても、各燃焼室 3 における混合気をリーン化させて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比に近づけることができる。なお、本実施形態において、S 28 および S 30 で設定される燃料噴射量の補正值は、予め定められた一定の量とされるが、当該補正值は、偏差 ΔQ と閾値との差分に応じて算出されてもよい。

一方、S 22 において、ストイキ運転モードを実行すべきではない、すなわち、リーン運転モードを実行すべきであると判断した場合、ECU 20 は、リーン運転モードにおける目標空燃比に対応した熱発生量の目標値 Q_t を記憶装置から読み出すと共に、S 20 で求めた制御パラメータ PV^k の差分 ΔPV^k の平均値 $Q_{e,s}$ と目標値 Q_t との偏差 e を、

$$e = Q_{e,s} - Q_t$$

として算出する（S 32）。そして、ECU 20 は、予め用意されたマップまたは所定の関数式を用いて S 32 にて求めた偏差 e をゼロにするように燃料噴射量の補正值を算出（設定）する（S 34）。

ここで、図 2 に関連して説明されたように、各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きくなると（リーンになると）、所定の 2 点間における熱発生量 dQ は、空燃比が増加するにつれて、失火前の急変点（リーン限界）まで、空燃比に概ね比例して減少する。従って、混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きい領域（リーン領域）では、S 20 で求めた所定の 2 点間における制御パラメー

タ $P V^k$ の差分 $\Delta P V^k$ の平均値 $Q_{e, s, t}$ と目標値 Q_t との偏差 e がゼロになるようにすることにより、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きな（リーンな）所望の目標空燃比に保つことが可能となる。すなわち、内燃機関 1 では、リーン運転モードに際して、制御パラメータ $P V^k$ の差分 $\Delta P V^k$ の平均値 $Q_{e, s, t}$ を目標値 Q_t に近づけるフィードバック制御が行われる。これにより、内燃機関 1 では、熱発生量の目標値 Q_t を適宜設定することにより、各燃焼室 3 内の混合気を図 2 におけるリーン限界付近までできる限りリーン化させる、いわゆるリーンリミット運転を実行することも可能となる。

上述のようにして、ECU 20 は、ストイキ運転モードの場合、S 28 または S 30 にて燃料噴射量の補正值を設定し、リーン運転モードの場合、S 34 にて燃料噴射量の補正值を設定する。そして、ECU 20 は、S 10 に戻り、S 28、S 30 または S 34 にて設定した燃料噴射量の補正值を踏まえて（加減算しながら）各インジェクタ 12 からの燃料噴射量（燃料噴射時間）を設定すると共に、スロットルバルブ 10 の開度を設定し、再度 S 12 以降の処理を実行する。このような一連の処理は、アイドルオフ状態が継続される間、ECU 20 によって繰り返される。

以上説明されたように、内燃機関 1 では、ストイキ運転モードに際して、所定の 2 点間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ $P V^k$ の差分 $\Delta P V^k$ を用いて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比が精度よく理想空燃比付近に設定されるので、供給空気量と理論空気量との比 λ が $\lambda = 1$ となる領域を拡大させることができる。また、内燃機関 1 では、リーン運転モードに際しても、所定の 2 点間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ $P V^k$ の差分 $\Delta P V^k$ を用いて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きな所定の目標空燃比に精度よく設定される。

このように、所定の 2 点間における熱発生量を反映した制御パラメータ $P V^k$ の差分 $\Delta P V^k$ を用いて内燃機関 1 の空燃比制御を実行することにより、内燃機関の排気系統において取得された排気空燃比等に基づいて筒内空燃比を制御（フィードバック制御）する場合に認められる、いわゆる検出遅れや輸送遅れの問題を解消す

ることが可能となり、空燃比制御の応答性および精度を大幅に向上させることができる。そして、上述のように制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* を用いることによって高精度な空燃比制御を実行することができるので、従来の空燃比制御において不可欠であった排気空燃比検出用の O_2 センサ（空燃比センサ）や、吸入空気量
5 検出用のエアフローメータ等を省略可能となり、内燃機関 1 を低コストで構成可能となる。また、高精度な空燃比制御の実現により、触媒の浄化負担を低減させることができるので、触媒装置をコンパクト化することも可能となる。

なお、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を補正するため制御量は、燃料噴射量の補正值に限られるものではなく、スロットル開度の補正值や、排気還流システム
10 を備えた内燃機関における排気還流量の補正值等であってもよく、これらが適宜組み合わせられてもよい。すなわち、S 28、S 30 および S 34 の処理では、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を補正するために、燃料噴射量、スロットル開度、排気還流量等の少なくとも何れか一つの補正值が設定されればよい。更に、本発明は、ガソリンエンジンだけではなく、ディーゼルエンジンにも適用され得ることはい
15 うまでもない。

また、リーン領域において燃焼室 3 内の混合気の空燃比が熱発生量 Q に概ね比例することを踏まえて（図 2 参照）、実熱発生量を示す値 Q_{est} と各燃焼室 3 における混合気の空燃比（実空燃比）との関係を規定するマップ等を予め用意しておけば、当該マップ等から値 Q_{est} に対応した実空燃比を算出することができる。従って
20 、図 4 の S 32 および S 34 では、実熱発生量を示す値 Q_{est} に応じた実空燃比を算出すると共に、求めた実空燃比と機関回転数や機関負荷に応じて定められる目標空燃比との偏差を求め、当該偏差に応じて各燃焼室 3 における混合気の空燃比を補正するための制御量（例えば燃料噴射量の補正值）を設定してもよい。このように、制御パラメータ PV^* を用いれば、内燃機関 1 の空燃比を精度よく検出すること
25 も可能となる。

産業上の利用可能性

本発明は、高精度な機関制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および制御方法に有用である。

請求の範囲

1. 燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、

5 筒内圧検出手段と、

前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出する演算手段と、

前記演算手段によって算出された前記制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定する制御手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

10

2. 前記制御パラメータは、前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

15 3. 前記演算手段は、所定の 2 点について前記制御パラメータを算出し、前記制御手段は、前記所定の 2 点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記所定の制御量を設定することを特徴とする請求項 2 に記載の内燃機関の制御装置。

4. 前記所定の 2 点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されることを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

5. 前記制御手段は、所定条件下で、前回算出された前記制御パラメータの差分と、今回算出された前記制御パラメータの差分との偏差を求め、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定することを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

25

6. 前記制御手段は、所定条件下で、前記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定することを特徴とする請求項3に記載の内燃機関の制御装置。

5 7. 燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 筒内圧力を検出するステップと、

(b) ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出するステップと、

10 (c) ステップ(b)で算出した前記制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定するステップとを含む内燃機関の制御方法。

8. 前記制御パラメータは、ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であることを特徴とする請求項7に記載の内燃機関の制御方法。

9. ステップ(b)では、所定の2点について前記制御パラメータを算出し、ステップ(c)では、前記所定の2点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記所定の制御量を設定することを特徴とする請求項8に記載の内燃機関の制御方法。

10. 前記所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されることを特徴とする請求項9に記載の内燃機関の制御方法。

25

11. ステップ(c)は、所定条件下で、前回算出された前記制御パラメータの差分と、今回算出された前記制御パラメータの差分との偏差を求めるステップと、

求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップとを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の内燃機関の制御方法。

12. ステップ(c)は、所定条件下で、前記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の内燃機関の制御方法。
- 5

1/4

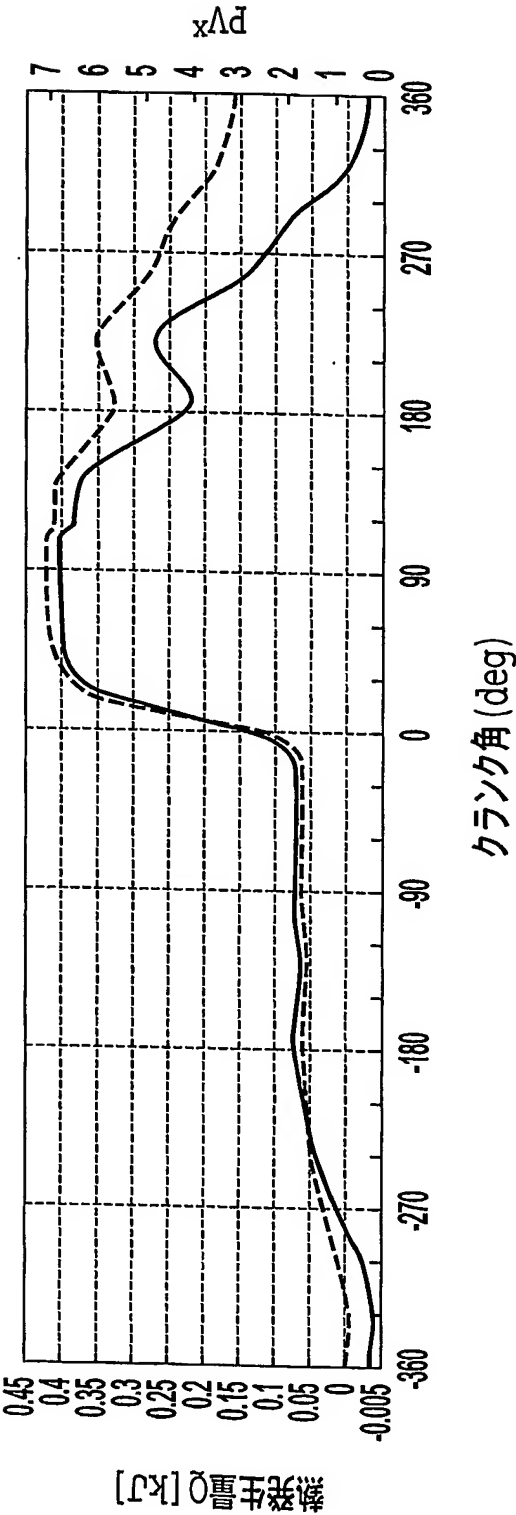


FIG.1

2/4

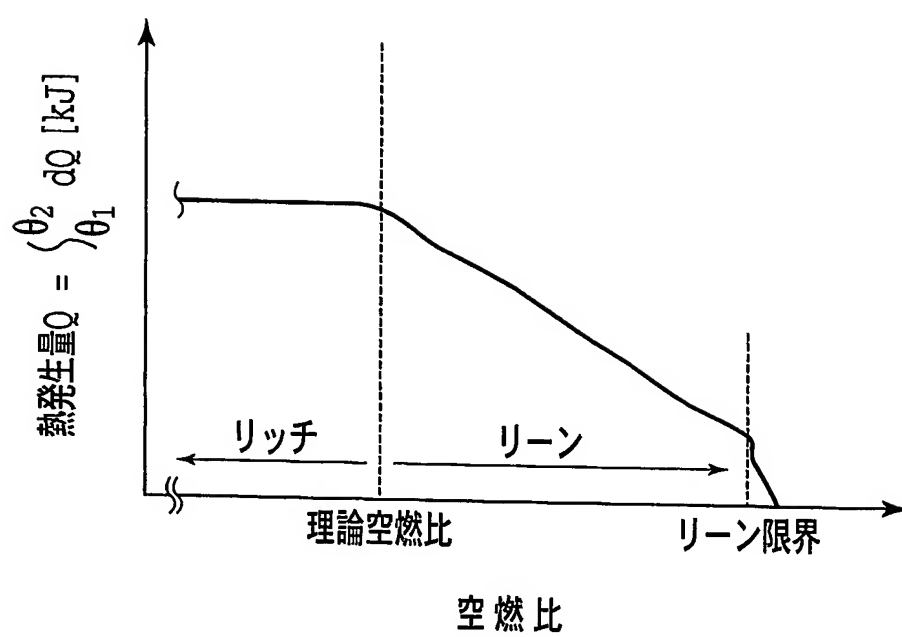


FIG.2

3/4

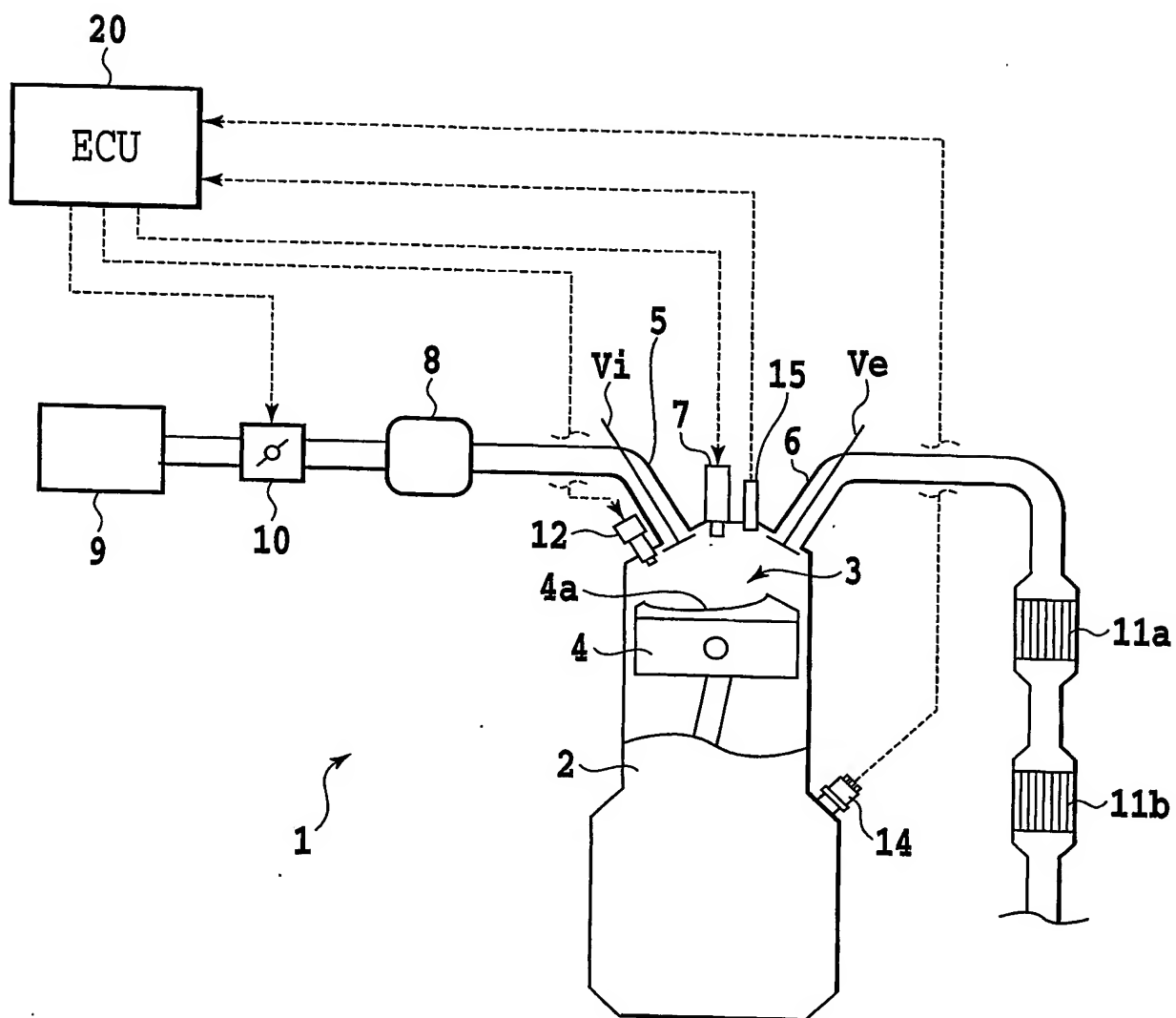


FIG.3

4/4

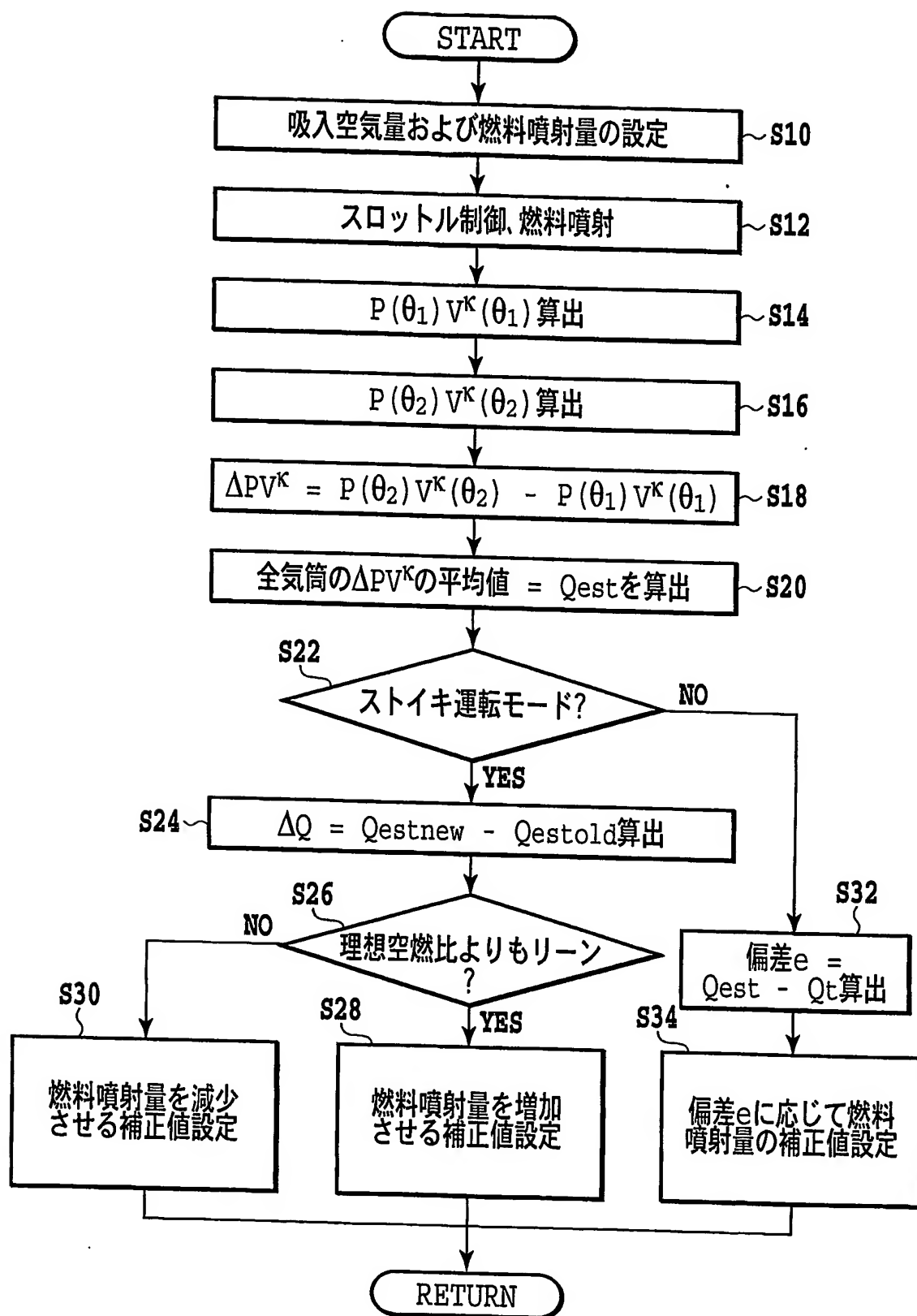


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F02D41/04, F02D45/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F02D41/04, F02D45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2001-207889 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 August, 2001 (03.08.01), Par. Nos. [0073] to [0076] (Family: none)	1-2, 7-8 3, 9 4-6, 10-12
X A	JP 2002-47976 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 15 February, 2002 (15.02.02), Claims (Family: none)	1, 7 2-6, 8-12
X A	JP 2000-110654 A (Honda Motor Co., Ltd.), 18 April, 2000 (18.04.00), Claims (Family: none)	1, 7 2-6, 8-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 August, 2004 (02.08.04)Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010075

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-35018 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 February, 1995 (03.02.95), Par. No. [0009] & US 5474045 A1	3, 9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ F02D41/04, F02D45/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ F02D41/04, F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996
日本国公開実用新案公報 1971-2004
日本国実用新案登録公報 1996-2004
日本国登録実用新案公報 1994-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 2001-207889 A (日産自動車株式会社) 200 1. 08. 03, 段落【0073】-【0076】 (ファミリーなし)	1-2, 7- 8 3, 9 4-6, 10 -12
X A	JP 2002-47976 A (日産自動車株式会社) 200 2. 02. 15, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1, 7 2-6, 8- 12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
02. 08. 2004

国際調査報告の発送日
17. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
所村 陽一

3G 9718

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2000-110654 A (本田技研工業株式会社) 2000.04.18, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1, 7 2-6, 8-12
Y	JP 7-35018 A (三菱電機株式会社) 1995.02.03, 段落【0009】 & US 5474045 A1	3, 9